



江苏省地方计量技术规范

JJF（苏）270—2024

光轨校准规范

Calibration Specification for Track of the Light Source

2024-09-26 发布

2024-12-01 实施

江苏省市场监督管理局 发布

光轨校准规范

Calibration Specification for
Track of the Light Source

JJF(苏)270 — 2024

本规范经江苏省市场监督管理局于 2024 年 09 月 26 日批准，并自 2024 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：江苏省市场监督管理局

主要起草单位：无锡市计量测试院

江苏省计量科学研究院

本规范委托江苏省光学计量专业技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王树刚（无锡市计量测试院）

张亦圣（无锡市计量测试院）

王 知（无锡市计量测试院）

秦 洁（江苏省计量科学研究院）

黄 飞（无锡市计量测试院）

目 录

引言	1
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语	1
4 概述	1
5 计量特性	2
5.1 光轨的直线度	2
5.2 测距米尺示值误差	2
6 校准条件	3
7 校准项目和校准方法	3
8 校准结果表达	4
9 复校时间间隔	5
附录 A 光轨的直线度测量结果不确定度评定示例	6
附录 B 测距米尺示值误差测量结果不确定度评定示例	9
附录 C 校准原始记录格式	11
附录 D 校准证书内页格式	12

引 言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范编制的基础性系列文件。

本规范为首次发布。

光轨校准规范

1 范围

本规范适用于光照度计、发光强度标准灯检定装置中光轨的校准，其他具有类似功能的装置可参照执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 245 光照度计检定规程

GB/T 17421.1 机床检验通则 第1部分：在无负荷或精加工条件下机床的几何精度

JJG 4 钢卷尺

JJF1097 平尺校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语

3.1 直线度

直线要素实际形状保持理想直线的状况。

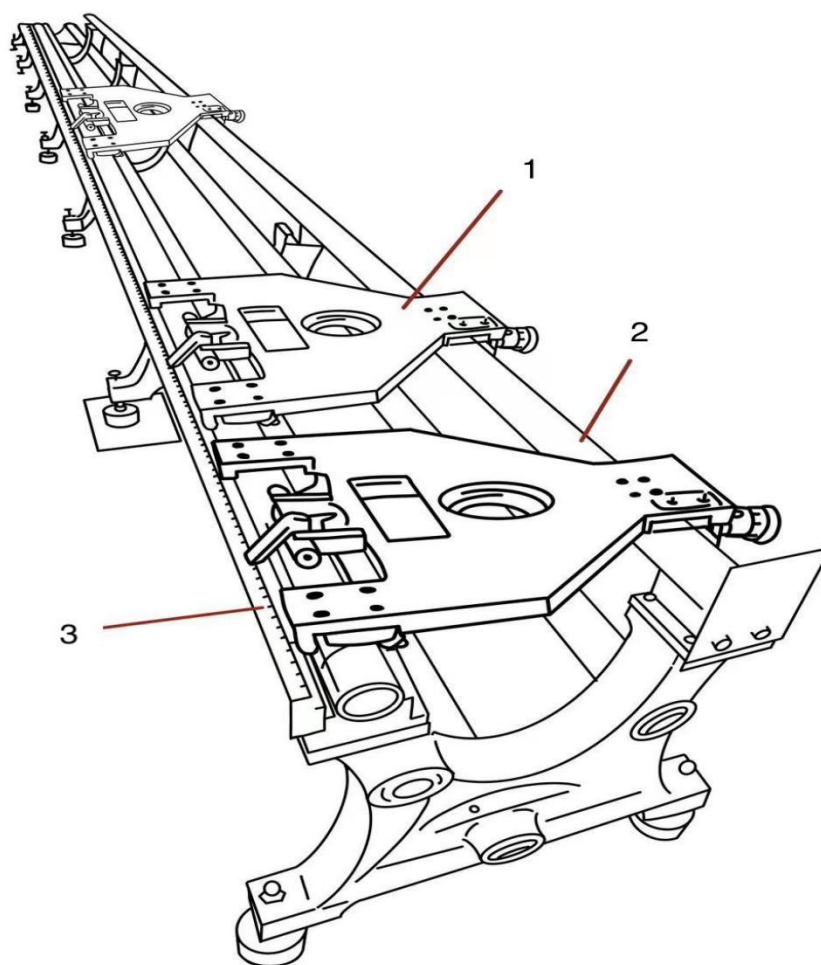
3.2 光轨

光轨是一种适用于光照度计、发光强度标准灯检定过程中的配套装置。在检定过程中，需要将光照度计、发光强度标准灯安装在光轨上，通过改变标准灯到光照度计之间的距离，让标准灯在光照度计测试面上产生不同的照度值。

4 概述

光轨是一种适用于光照度计、发光强度标准灯检定过程中的配套装置。光轨一般由平行空心钢管、滑车和测距米尺组成，每条空心钢管由若干段空心圆管组成，各空心圆管的首尾紧固于底座V形槽，光轨长度一般在6m以上。

光轨的结构示意图见图1。



1—滑车；2—平行空心圆管；3—测距米尺

图 1 光轨的结构示意图

5 计量特性

5.1 光轨的直线度

5.1.1 光轨在水平方向的直线度

光轨在水平方向的直线度不超过 1mm

5.1.2 光轨在垂直方向的直线度

光轨在垂直方向的直线度不超过 1mm

5.2 测距米尺示值误差

最大允许误差： $\pm (0.1\text{mm} + 10^{-4}L)$ 。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20±5)℃。

6.1.2 湿度：≤85%RH。

6.1.3 实验室应无影响测量的灰尘、振动、气流、腐蚀性气体和较强磁场。

6.2 校准设备

激光干涉仪

(1) 直线度测量最大允许误差：± (2.5%D + 5 + 0.015M²)。

式中：D-测量读数，μm；M-测量时直线度干涉镜与直线度反射镜之间的距离，m。

(2) 线性测量最大允许误差：±0.50 μm/m。

注：允许使用其他满足不确定度要求的标准器进行校准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

目视检查：光轨表面不应有影响外观和使用的锈蚀、碰伤、划痕等缺陷。光轨测距米尺刻度线的线纹应完整、均匀、清晰，不应有断线、重线的现象存在。滑车在光轨上运行应平稳、灵活，无卡滞、跳动现象；光轨紧固部件作用有效、可靠；光轨各段空心圆管连接处无目力可见的落差。

7.2 光轨直线度的校准

7.2.1 光轨在水平方向的直线度

将激光干涉仪发射器平稳放置于三脚架的云台上，然后在光轨上架设载有直线度干涉镜和反射镜的滑车，调整镜组与激光干涉仪发射器的位置，使发射器发射出的激光光束能经由干涉镜分光束后，再由反射镜返回激光器中，并在光轨全长范围内保持良好信号状态。

根据光轨的长度选择适当的测量间距，确定数据采集点位置。移动载有干涉镜的滑车至各数据采集点，采集相应位置读数，根据所采集到的数据，采用两端点法、最小二乘法或最小条件法评定光轨在水平方向的直线度。

数据产生争议时，建议采用最小条件法。

7.2.2 光轨在垂直方向的直线度

在 7.2.1 步骤完成后，调整镜组，测量方法同上，获得光轨在垂直方向的直线度。

7.3 测距米尺示值误差的校准

将激光干涉仪平稳放置于三脚架的云台上，然后在光轨上架设载有干涉镜和反射镜的滑车，调整激光干涉仪发射器、反射镜、干涉镜的位置，使得发射器的光束在光轨全量程范围内均能反射回激光干涉仪发射器接收孔内，并保持良好信号强度。根据光规长度确定受检点，在全量程范围内应分布不少于 5 个受检点。移动载有干涉镜的滑车，使得滑车上的刻度指示线对准测距米尺零位位置，将激光干涉仪读数清零，依次将该滑车移动至各受检点并记录激光干涉仪读数值 δ_s 。上述过程重复三遍，以各受检点 3 次激光干涉仪读数值的算术平均值作为各受检点的激光干涉仪实测值 δ_s ，根据公式 (1) 计算测距米尺示值误差。

$$\Delta = \delta_i - \delta_s \quad (1)$$

式中：

Δ : 测距米尺示值误差

δ_i : 测距米尺的标称值

δ_s : 激光干涉仪实测值

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反应，校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；

- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔是由仪器的使用情况、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

光轨的直线度测量结果不确定度评定示例

A.1 测量方法

光轨在水平方向、垂直方向的直线度用激光干涉仪以节距法测量。

A.2 测量模型

被校准光轨各点符合最小条件原则，直线度按下式计算：

$$\begin{aligned} F &= a_k - \frac{k-g}{p-g}(a_p - a_g) - a_g \\ &= a_k - \frac{k-g}{p-g}a_p + \frac{k-g}{p-g}a_g \end{aligned}$$

式中：

p 、 g ——两高点（或两低点）的序号；

k ——两高点（或两低点）之间的序号；

a_i ——激光干涉仪在第 i 点的读数（mm）；

$$u^2(F) = \left(\frac{\partial F}{\partial a_k}\right)^2 u^2(a_k) + \left(\frac{\partial F}{\partial a_p}\right)^2 u^2(a_p) + \left(\frac{\partial F}{\partial a_g}\right)^2 u^2(a_g)$$

A.3 方差和灵敏系数

考虑到每尺寸段单次测量不确定度 $u^2(a_i)$ 均相同，即：

$$u^2(a_1) = u^2(a_2) = \cdots u^2(a_i) = u^2(a_n) = u^2(a)$$

$$u^2(F) = \left[1 + \left(\frac{k-g}{p-g}\right)^2 + \left(\frac{k-p}{p-g}\right)^2\right] u^2(a)$$

当 $g=0$ 、 $p=n$ 、 $k=n-1$ 时 $u^2(F)$ 最大，系数最大接近 2：

$$u_{\max}^2(F) = 2u^2(a)$$

$$u_{\max}(F) = \sqrt{2} u(a)$$

A.4 不确定度来源

评定的不确定度分量由激光干涉仪直线度测量示值误差、测量重复性、定位误差组成，既：

$$u^2(a) = u_1^2(a) + u_2^2(a) + u_3^2(a)$$

式中:

$u_1(a)$ —激光干涉仪直线度测量示值误差引起的不确定度分量, μm ;

$u_2(a)$ —测量重复性引起的不确定度分量, μm ;

$u_3(a)$ —定位误差引起的不确定度分量, μm ;

A.5 计算分量标准不确定度

A.5.1 激光干涉仪直线度测量示值误差引起的不确定度分量 $u_1(a)$

激光干涉仪直线度测量示值误差引入的标准不确定度 $u_1(a)$, 用 B 类标准不确定度评定。激光干涉仪直线度测量最大允许误差为 $\pm (2.5\%D + 5 + 0.015M^2)$, 当直线度干涉镜与直线度反射镜的距离为 1m, 且此时激光干涉仪读数为 $34.2 \mu\text{m}$ 时, 则直线度测量示值误差的不确定度分量为:

$$u_1(a) = 5.87/\sqrt{3} = 3.39 \mu\text{m}$$

A.5.2 测量重复性引起的不确定度分量 $u_2(a)$

使用激光干涉仪对同一位置重复测量 10 次, 在分辨力为 $0.1 \mu\text{m}$ 时, 得到数据如下:

序号	测量值 (μm)
1	34.2
2	35.3
3	35.7
4	32.7
5	36.4
6	34.8
7	37.2
8	33.7
9	36.8
10	33.1

则 $u_2(a) = s(a) = 1.56 \mu\text{m}$

A.5.3 定位误差引起的不确定度分量 $u_3(a)$

由于光轨直线度和激光干涉仪底座的影响, 实际操作有偏差引起激光干涉仪示值变化, 在实验中移动滑车对同一位置采集 10 次数据, 得到数据如下:

序号	测量值 (μm)
1	43.3
2	48.9
3	58.3
4	34.1
5	39.5

6	37.8
7	46.2
8	35.0
9	32.1
10	33.0

实验证明上述操作偏差引起的示值变化不超过 $30\ \mu\text{m}$ ，该值在半宽为 $15\ \mu\text{m}$ 的区间内均匀分布，则

$$u_3(a) = 15/\sqrt{3} = 8.66\ \mu\text{m}$$

A.6 合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量是互不相关的，所以合成标准不确定度为

$$u(a) = \sqrt{u_1^2(a) + u_2^2(a) + u_3^2(a)} = \sqrt{3.39^2 + 1.56^2 + 8.66^2} = 9.43\ \mu\text{m}$$

A.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = 2 \times \sqrt{2} u(a) = 2 \times \sqrt{2} \times 9.43 = 26.67\ \mu\text{m} = 0.03\text{mm}$

附录 B

测距米尺示值误差测量结果不确定度评定示例

B.1 测量方法

测距米尺示值误差，用激光干涉仪直接测量。

B.2 测量模型

$$\Delta = \delta_i - \delta_s$$

Δ :测距米尺示值误差

δ_i :测距米尺的标称值

δ_s :激光干涉仪实测值

B.3 方差和灵敏系数

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

$$u_c^2(\Delta) = c^2(\delta_i)u^2(\delta_i) + c^2(\delta_s)u^2(\delta_s)$$

因为: $c(\delta_i) = \frac{\partial \Delta}{\partial \delta_i} = 1$; $c(\delta_s) = \frac{\partial \Delta}{\partial \delta_s} = -1$

所以: $u_c^2(\Delta) = u^2(\delta_i) + u^2(\delta_s)$

B.4 不确定度来源

评定的不确定度分量由激光干涉仪示值误差差值、测量重复性、定位误差组成，既：

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2$$

式中：

u_1 —激光干涉仪示值误差引起的不确定度分量， μm ；

u_2 —测量重复性引起的不确定度分量， μm ；

u_3 —定位误差引起的不确定度分量， μm ；

B.5 标准不确定度分量计算

B.5.1 激光干涉仪示值误差引起的不确定度分量 u_1

激光干涉仪示值误差引入的标准不确定度 u_1 ，用B类标准不确定度评定。激光干涉仪最大允许误差为 $\pm 0.50 \mu\text{m/m}$ 。则示值误差的不确定度分量为：

$$u_1 = 0.5/\sqrt{3} = 0.29 \mu\text{m}$$

B.5.2 由重复性引入的标准不确定度分量 u_2

使用激光干涉仪对光轨测距米尺 1 米标识处，重复测量 10 次，得到数据如下：

序号	测量值 (mm)
1	1000.1707
2	1000.1740
3	1000.1772
4	1000.1660
5	1000.1727
6	1000.1699
7	1000.1657
8	1000.1742
9	1000.1790
10	1000.1757

$$s(x) = 4.45 \mu\text{m}$$

在校准过程中, 以 3 次激光干涉仪读数值的算术平均值作为实测值, 则

$$u_2 = s(\bar{x}) = 4.45/\sqrt{3} = 2.57 \mu\text{m}$$

B.5.3 定位误差引起的不确定度分量 u_3

由于滑车刻度线与测距米尺刻度线对齐的影响, 实际操作有偏差引起激光干涉仪示值变化, 在实验中移动滑车对同一刻度线对准 10 次, 得到数据如下:

序号	测量值 (mm)
1	298.3217
2	298.3271
3	298.3060
4	298.3174
5	298.3116
6	298.3278
7	298.3231
8	298.3387
9	298.3192
10	298.3061

实验证明上述操作偏差引起的示值变化不超过 0.04mm, 该值在半宽为 0.02mm 的区间内均匀分布, 则

$$u_3 = 0.02/\sqrt{3} = 0.01155\text{mm} = 11.55 \mu\text{m}$$

B.6 合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量是互不相关的, 所以合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{0.29^2 + 2.57^2 + 11.55^2} = 11.84 \mu\text{m}$$

B.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则 $U = 2 \times u_c = 2 \times 11.84 = 23.68 \mu\text{m} = 0.03\text{mm}$

附录 C

校准原始记录格式

证书编号:

校准环境条件		温度： °C 湿度： %RH		地点： 其他：	
序号		校准项目		校准结果	
1		外观			
2		各部分相互作用			
3		光轨的直线度		见下	
3.1		光轨在水平方向的直线度			
3.2		光轨在垂直方向的直线度			
4		测距米尺示值误差			
标称值 (mm)	激光干涉仪 读数值 1 (mm)	激光干涉仪 读数值 2 (mm)	激光干涉仪 读数值 3 (mm)	实测值 (mm)	示值误差 (mm)

校准人员核验人员

附录 D

校准证书内页格式

光轨校准结果

序号		校准项目		校准结果	
1		外观			
2		各部分相互作用			
3		光轨的直线度		见下	
3.1		光轨在水平方向的直线度			
3.2		光轨在垂直方向的直线度			
4		测距米尺示值误差		见下	
标称值（mm）		激光干涉仪实测值（mm）		示值误差（mm）	
主要 计量 器具	名称	型号规格	编号	有效期至	使用状态
					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常
					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常
					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常
					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 异常

江苏省地方计量技术规范

光轨校准规范

JJF(苏)270—2024

江苏省市场监督管理局发布

*

江苏省计量协会印刷

版权所有不得翻印

*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本

2024 年 12 月 印刷